

УДК: 504.54(477.41)

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ АГРОЛАНДШАФТІВ ВП НУБІП УКРАЇНИ "АГРОНОМІЧНА ДОСЛІДНА СТАНЦІЯ"

Н.М. Рідей, доктор педагогічних наук, професор

А.А. Горбатенко, аспірант*

Проаналізовано вітчизняні та зарубіжні методики оцінки екологічного стану агроландшафтів. Запропоновано системний підхід до вивчення екологічного стану агроландшафтів при використанні рекомендованих вітчизняних і зарубіжних методик та сучасних геоінформаційних технологій для удосконалення методики, а також оцінки природно-ресурсного потенціалу агроландшафтів. На основі даних системного аналізу розроблено індекс ресурсного потенціалу сільськогосподарських територій (ІРП) і обґрунтовано доцільність його застосування при оцінці екологічного стану агроландшафту для планування.

***Ключові слова:** агроландшафти, якість ґрунтів, системний аналіз, агроекологічна оцінка, індекси біологічного різноманіття, ресурсного потенціалу.*

Методологія дослідження екологічного стану агроландшафтів потребує удосконалення методики їх екологічного оцінювання при застосуванні системного аналізу й використанні позитивного досвіду вітчизняних і зарубіжних методик, що потребує інтеграції масивів груп показників за цільовою приналежністю, їх узагальнення і систематизації для можливого прогнозування та моделювання як стану, так і розвитку агроландшафтів, передбачення й запобігання їхнім можливим екологічним ризикам для усунення небезпек деградації агроєкосистем в цілому. Це зумовлює вивчення

***Науковий керівник – професор Н.М. Рідей**

існуючих методичних підходів до дослідження екологічного стану агроландшафтів у вітчизняній і зарубіжній науковій спеціальній літературі при узагальненні методологічного досвіду провідних науково-дослідних і проектно-пошукових установ для розроблення та удосконалення методики оцінки природно-ресурсного потенціалу агроландшафтів. Оптимальним інструментом селективного методичного добору є системний аналіз, що дозволяє: використати класифікаційні ознаки груп показників, які відповідають за біогеоценотичні процеси, що призводять до змін екологічного стану агроландшафтів; інвентаризувати і систематизувати їх за цільовим призначенням при розробці геоінформаційної системи; діагностувати і запобігати екологічним ризикам деградації агроландшафтів при застосуванні геоінформаційного моніторингу агроєкосистем; передбачати потенційні можливості стійкості агроландшафтів (саморегулювання, -відновлення, -очищення) для підтримки їх гомеостатичного стану; визначати і планувати екологічно оптимальні природоохоронні і сільськогосподарські заходи для оптимізації екологічного стану сільських територій.

В зв'язку з цим виникає необхідність: встановлення призначення методик діагностики екологічного стану агроландшафтів; визначення орієнтованості завдань для уніфікації мети; систематизації об'єктно-предметних та причинно-наслідкових зв'язків, а також структурно-порівняльного аналізу кваліфікаційних груп показників для формування алгоритму досліджень; усунення методичного дубляжу в різних методиках дослідження; доукомплектування групами показників та індексів, що відображають системну цілісність дослідження; розробки інтегрованої методики системного аналізу екологічного стану агроландшафтів.

Таким чином, системний аналіз дозволить врахувати різні методики екологічної оцінки агроландшафтів, розширивши знання про їх екологічний стан для визначення першочергових заходів із усунення можливих екологічних ризиків та формування програми відтворення та збереження природного біорізноманіття як основи стійкості агроєкосистем; планування локальної

екологічної мережі; розробки програми сталого розвитку агроландшафтів із подальшим плануванням екологічної системи господарювання.

Питання щодо комплексного вивчення екологічного стану території Відокремленого підрозділу Національного університету біоресурсів і природокористування (далі ВП НУБіП) України "Агрономічна дослідна станція" (далі АДС) ставилися раніше в наукових публікаціях. Зокрема, слід відзначити монографію "Комплексна агроекологічна оцінка земель ВП НУБіП України. Частина 2. Агрономічна дослідна станція" [3], "Методичні рекомендації. Якісна оцінка стану земель навчально-дослідних господарств НУБіП України, охорона і відновлення їх родючості" [6], а також публікації за участю інших авторів [3, 6]. Аналіз наукових робіт дає підстави стверджувати, що авторами опрацьовано масиви аналітичних даних, а також проведено агрохімічну та агроекологічну оцінку екологічного стану територій за рекомендованими методиками. Продовжуючи роботу вітчизняних вчених, ми звертаємо увагу в нашій статті на роль природного біорізноманіття у формуванні стійкості агроecosystem та передбаченні ведення сільськогосподарського виробництва без порушення екологічного стану агроландшафтів, а також пропонуємо вдосконалити методику екологічної оцінки територій з врахуванням розробленого алгоритму проведення системного аналізу при застосуванні індексного підходу і використанні сучасних засобів обробки просторових даних, зокрема геоінформаційних технологій.

Мета дослідження. Системний аналіз екологічного стану агроландшафтів АДС.

Матеріали і методика дослідження. *Об'єктом досліджень* був екологічний стан агроландшафтів; *предметом* – біологічне різноманіття та екологічні критерії оцінки їх стану.

Теоретичний аналіз і експериментальні дослідження проводили на базі НУБіП України на кафедрі екології агросфери та екологічного контролю у

лабораторії екологічної паспортизації територій та підприємств, а також у ВП НУБіП України АДС.

За геоморфологічним районуванням Київської області територія АДС знаходиться на межі Васильківсько-Обухівської рівнини, лесового плато з пониженням в південній частині. За фізико-географічним районуванням вона належить до Дністровсько-Дніпровської Лісостепової провінції, за природно-сільськогосподарським районуванням України – до зони Лісостепу, Середньо-Дніпровсько-Бугського природно-сільськогосподарського округу, Фастівського природно-сільськогосподарського району.

Найрозповсюдженішими ґрунтоутворюючими породами на території господарства є леси. Наявні карбонати сприяють формуванню в цих ґрунтах стійких поглинальних комплексів і зумовлюють сприятливі умови гумусонакопичення. Негативною здатністю лесів є їх пилюватість, вони містять від 66,0 до 70,5 крупного пилю і 9,6 – 16,5% мулу, мають невелику водостійкість структурних агрегатів, а поверхня їх часто запливає, утворюючи кірку [1]. Найпоширеніші на території господарства лучно-чорноземні карбонатні крупнопилювато-легкосуглинкові ґрунти; чорноземи типові потужні малогумусні; дернові, лучні і чорноземно-лучні та їх намиті відміни [3].

У дослідженні використовували загальноприйняті методики екологічної оцінки територій, а саме: якісної оцінки ґрунтів А.І. Сірого [3, 11], агроекологічної оцінки земель України і розміщення сільськогосподарських культур В.В. Медведєва та ін. [12], нормативи ґрунтозахисних контурно-меліоративних систем землеробства О.Г. Тарарики [10], методичні рекомендації із комплексної агроекологічної оцінки земель сільськогосподарського призначення О.О. Ракоїда [5], методичні рекомендації з лісової меліорації М.О. Штофеля та ін. [4], довідник з агролісомеліорації П.С. Пастернака та ін. [2], встановлення усередненого видового багатства Р. Алкемеда та ін. [15, 16].

Результати досліджень та їх обговорення. При проведенні досліджень (2008 – 2010 рр.) в АДС діагностовано 25 ділянок, які майже всі знаходилися під польовою сівозміною – 928 га та 45 га під садом та пасовищем.

Оцінку ґрунтів проводили у балах бонітету, за агрохімічними та еколого-агрохімічними показниками [3, 11, 12]. Агрохімічний бал бонітету залежить від геоморфологічних, агрофізичних, фізико-хімічних та агрохімічних показників, а еколого-агрохімічний враховує ще санітарно-гігієнічні: токсикологічні, радіоекологічні та біологічні. При цьому одержали такі результати: ґрунти ділянок саду (№ 21) та пасовища (№ 25) належать до групи дуже високої якості – їх еколого-агрохімічний бонітет становить відповідно – 82, 80 балів, інші (№ 1-19, 22-24) – до групи високої якості, відповідно – менше 80, але понад 60 балів, окрім поля кормової сівозміни (№ 20) – середньої якості, із еколого-агрохімічним бонітетом 58 балів. Осереднені показники агрохімічного та еколого-агрохімічного балів бонітету за три роки наведені на рис. 1.

Згідно із вищевикладеним можна зробити висновки, що близько 23 га досліджуваної нами території займають землі дуже високої продуктивності, майже 940 га – близькі до першої групи, але нижчі за продуктивністю і добре забезпечені елементами живлення; близько 10 га – землі середньої якості, які помірно забезпечені елементами живлення і продуктивною вологою. Бонітування ґрунтів дає змогу судити про якісні еколого-агрохімічні властивості земель сільськогосподарського призначення, що може сприяти проведенню системного аналізу агроландшафтів АДС.

Важливе значення в народному господарстві нині належить вирощуванню сільськогосподарських культур для отримання високоякісних урожаїв та сировини. Агроекологічну оцінку ґрунтового покриву здійснювали з метою оцінки умов для вирощування зернових, кормових та технічних культур: зернові хліба (пшениця, жито, ячмінь, овес) і просовидні (просо, кукурудза), зернові бобові (горох, соя, квасоля, кормові боби) та інші родини (гречка); технічні олійні (соняшник, ріпак, гірчиця); цукроносні (цукрові буряки, цикорій), луб'яні (льон-довгунець), крохмалоплідні – бульбоплоди (картопля); кормові коренеплоди

(кормові буряки, морква), однорічні бобові (вика, однорічні види конюшини) і злакові трави (райграс однорічний), багаторічні бобові (люцерна, конюшина) і злакові трави (вівсяниця лучна, тимофіївка лучна, стоколос безостий, грястиця збірна та інші) [3].

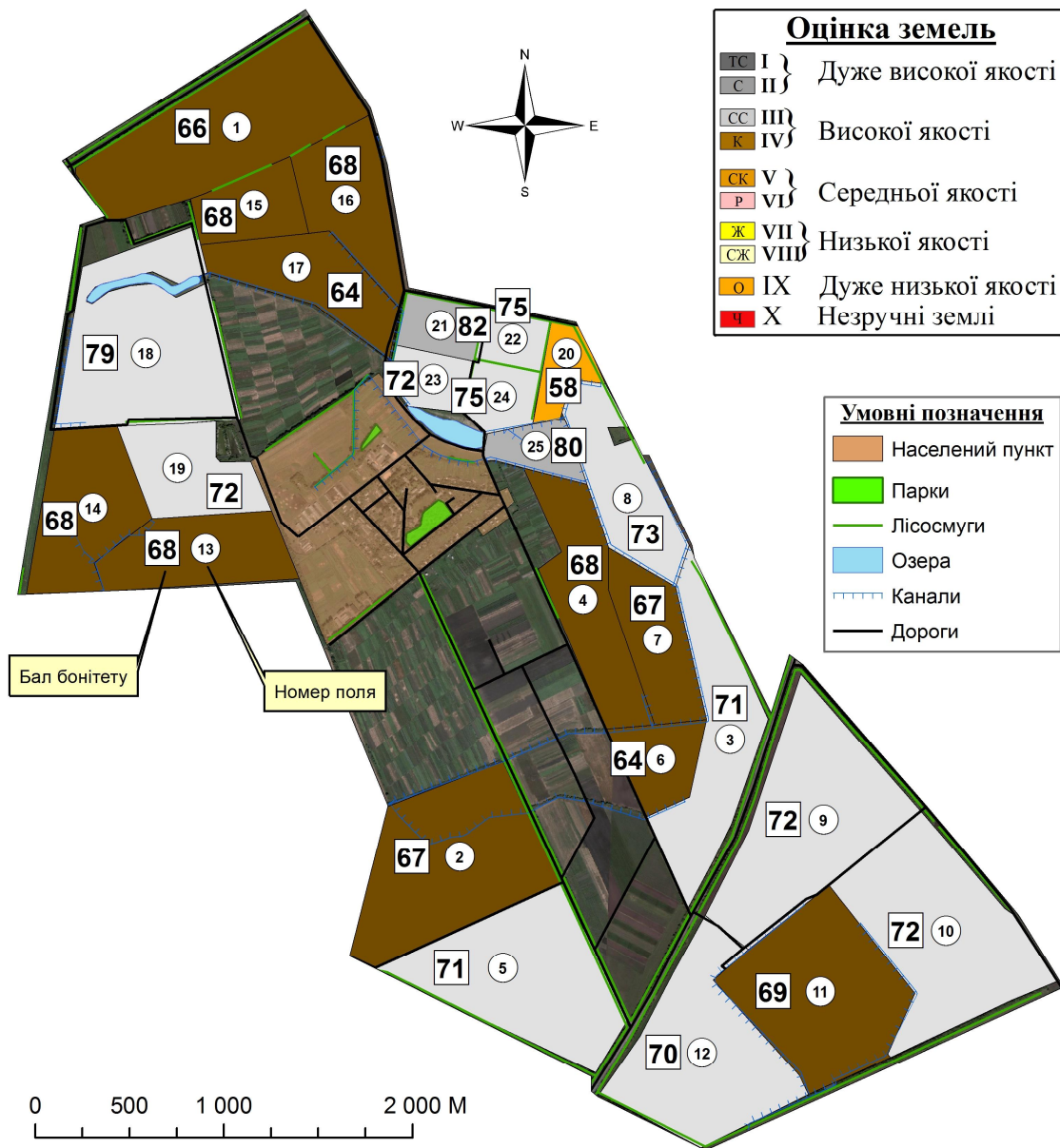


Рис. 1 Картограма якісної оцінки земель ВП НУБіП України "Агрономічна дослідна станція".

В основі агроекологічної оцінки лежить три рівні опису умов: 1 - оптимальні умови; 2 - допустимі (задовільні); 3 - недопустимі (погані) умови. Перший відповідає таким умовам, за яких можливо отримати максимальні екологічно чисті врожаї, другий вказує на загрози зниження врожайності на 20-

30, а третій – до 50%. В основу методики покладений принцип екологічного співвідношення параметрів довкілля (грунт, клімат), що характеризують вимоги сільськогосподарських культур до їх вирощування.

Ґрунти господарства характеризуються оптимальними умовами для вирощування зернових, кормових та технічних культур, оскільки належать до середньо- та легкосуглинкових. Допустимі умови для вирощування зернових, технічних та кормових культур за потужністю гумусового шару (знаходиться в межах від 35-55 см) сформувалися на всіх досліджуваних ділянках під ріллею.

За реакцією ґрунтового середовища ($pH_{\text{вод}}$) ґрунти господарства характеризуються оптимальними умовами для вирощування кормових технічних і зернових культур. Ця ситуація зумовлена тим, що ґрунти на всіх полях господарства мають переважно нейтральну реакцію середовища ($pH = 7,1-7,6$).

Гумус - інтегральний показник родючості. Від гумусних речовин залежать умови життєдіяльності рослин, а саме: потужність і багатство гумусного профілю, придатність до сільськогосподарського використання, реакція середовища, фізичний стан, його біохімічна активність і т.д. [1].

Досліджувані ділянки характеризуються середньою забезпеченістю ґрунтів за вмістом гумусу (3,6 – 4,6 %), що зумовлює задовільні умови для формування високоякісних врожаїв сільськогосподарських культур.

Ґрунти досліджуваних ділянок за вмістом азоту, що легко гідролізується, характеризуються переважно допустимими умовами для вирощування зернових і технічних культур. Ця ситуація зумовлена тим, що на ділянках № 3-4, 6-8, 10-17, 20, 22-24 вміст у ґрунті азоту, який легко гідролізується, становить від 154 до 199 мг/кг. Недопустимими умовами за цим показником характеризуються поля № 1, 2, 5, 9 (від 116 до 148 мг/кг ґрунту), разом із тим такий вміст азоту є оптимальним для вирощування кормових культур.

За вмістом рухомих сполук фосфору ґрунти досліджуваних ділянок мають підвищене та високе забезпечення, що зумовлює в основному оптимальні та допустимі умови для вирощування як зернових, технічних, так і

кормових культур. допустимі Відповідні умови для вирощування зернових та кормових культур сформувались на ділянках № 6, 13, 20 (20, 28, 20 мг/кг ґрунту, відповідно), а для технічних культур – на № 6, 7, 11, 13-17, 20 (20-37 мг/кг ґрунту). У цілому вміст цього елемента в ґрунтах коливався від 20 до 65 мг/кг ґрунту за Мачигінім, що створює задовільні умови для формування високоякісних урожаїв.

Обмінний калій – основний показник забезпеченості доступним для рослин калієм [7]. Вміст його в ґрунтах коливається від 151 до 358 мг/кг ґрунту за Мачигінім, що зумовлює переважно допустимі або оптимальні умови для вирощування кормових, технічних та зернових культур. Для зернових культур оптимальні умови сформувалися на ділянках № 1, 5, 9, 10, 21-25 (264-358 мг/кг ґрунту), допустимі – на ділянках № 2-4, 6-8, 11-20 (151-221 мг/кг ґрунту), для кормових відповідно на № 9-10, 21-25 (303-358 мг/кг ґрунту), та допустимі на № 1-8, 11-20 (151-297 мг/кг ґрунту), для технічних – на ділянках № 1, 3, 5, 9, 10, 16, 18, 19, 21-25 склалися оптимальні умови за вмістом калію (205-258 мг/кг ґрунту) та допустимі на ділянках № 2, 4, 6-8, 11-15, 17, 20 (151-193 мг/кг ґрунту).

На якість ґрунтів і агроекологічні умови вирощування сільськогосподарських культур значною мірою впливають метеорологічні умови, зокрема сума активних температур вище 10° С та гідротермічний коефіцієнт Селянінова (ГТК). Згідно із нормативами агроекологічної оцінки, протягом трьох років на території господарства склалися оптимальні умови за сумою активних температур у межах 3038 – 3264° С.

Аналогічну ситуацію відзначали в господарстві і за показником гідротермічного коефіцієнта – ГТК=1,2, що відповідає допустимим умовам. У цілому метеорологічні показники ґрунтів можуть забезпечити формування біологічно повноцінної продукції і сировини.

Одним із основних факторів, які впливають на якість продукції є вміст у ґрунті рухомих форм важких металів, гранично допустимий вміст яких обґрунтований В.І. Кисілем [9]. За вмістом рухомих форм кадмію, на

досліджуваних ділянках не спостерігається перевищення гранично допустимої концентрації (ГДК = 0,7 мг/кг ґрунту), тому на них сформувалися переважно оптимальні або допустимі умови для вирощування всіх культур. Проте на всіх досліджуваних полях відзначили перевищення вмісту свинцю в ґрунтах відносно ГДК, їх значення знаходились в межах 6,4–8,8 мг/кг ґрунту при ГДК 2,0 мг/кг ґрунту, що зумовлює недопустимі умови на цих ділянках для вирощування зернових та кормових культур, проте ці значення зумовлюють допустимі умови для вирощування технічних культур, які перероблятимуться.

За даними показників агроекологічної оцінки ґрунтового покриву господарства можна стверджувати, що досліджувані ділянки характеризуються оптимальними агрокліматичними умовами для вирощування зернових, кормових і технічних культур. Екологічну ситуацію погіршує той факт, що на всіх досліджуваних полях спостерігали перевищення вмісту свинцю в ґрунтах відносно ГДК майже у 3 рази і більше (близько 6,4–8,8 мг/кг ґрунту при ГДК 2,0), що зумовлює недопустимі умови на досліджуваних ділянках для вирощування зернових та кормових культур, але допустимі – для технічних.

Землевпорядні заходи щодо поліпшення родючості ґрунту та запобігання ризиків ерозійних процесів, визначаються контурно-меліоративною системою землеробства. Відповідно до методики визначили еколого-технологічну характеристику ґрунтів господарства, класифікували отриману поверхню за градацією: 0 – 1°; 1 – 3°; 3 – 5°; 5 – 7°; 7 – 10°; 10 – 12° і > 12°. З урахуванням еродованості ґрунтів, отримали основу для розробки «Картограми крутості схилів і категорій земель» та растр, де орні землі розподіляються на три основні еколого-технологічні групи [10]. За ерозійною небезпекою за розрахунковими даними еколого-технологічного групування земель територія АДС характеризується як рівнинна – 90% її має крутизну схилів до 1°, близько 10% – до 3°. Зокрема, ділянки № 17, 20–24 за розрахунковими даними повністю рівні, або мають крутизну схилів до 1°, а всі інші (№ 1–16, 18, 19, 25) – 90% своєї площі – до 1°, близько 8% – до 2° і до 2% – до 3°. За розрахунковими даними встановлено, що 852 га дослідженої території характеризуються крутизною

схилів до 1°, 108 га – до 2° і 13 га – до 3°. Отже, за цим показником АДС є придатною для земле- та лісокористування.

При проведенні комплексної агроекологічної оцінки земель сільськогосподарського призначення згідно із методичними рекомендаціями проводили: оцінку екологічної стабільності території та встановлювали рівень антропогенного навантаження на земельні ресурси за коефіцієнтами екологічної стабільності (далі Кес) й антропогенного навантаження (далі Кан); ступеня порушення стану екологічної рівноваги у співвідношенні угідь за питомою вагою загальної площі ріллі та еколого-стабілізуючих територій агроландшафту (далі Р:ЕСУ, %); екологічного стану сільськогосподарських угідь за проявом основних деградаційних процесів (далі Д, у балах); якості орних земель за основними показниками родючості (далі Б, у балах); узагальнену агроекологічну оцінку земель сільськогосподарського призначення за комплексом показників (далі І, у балах). Значення Кес, яке становить 0,14 характерно для кожної з ділянок № 1-20, 22-24, окрім саду (№ 21), та пасовища (№25), де відповідно Кес = 0,21 та 0,65. За показником Кан усі ділянки від № 1 до 24 мали значення 4, окрім пасовища (№ 25), де Кан = 3. Відповідно до встановленого узагальненого значення Кес = 0,21, територія господарства належить до екологічно нестабільної; Кан = 3,90, що дозволяє охарактеризувати господарство як територію з високим рівнем антропогенного навантаження.

Інтегральний показник агроекологічного стану земель у балах розраховується як середньозважене значення вихідних показників за формулою (1) [5]:

$$I = (B k_1 + D k_2 + C k_3) / (k_1 + k_2 + k_3), \quad (1)$$

де І – інтегральний показник агроекологічного стану земель;

Б – показник еколого-агрохімічного стану ґрунтів;

Д – інтегральний індекс деградованості ґрунтового покриву;

С – співвідношення ріллі до екологічно стабільних угідь (Р:ЕСУ);

k_1 - k_3 – коефіцієнти вагомості показників.

Для обрахунку інтегрованого показника встановлено значення задіяного переліку вищезазначених показників, які відображають параметри екологічної стійкості земель сільськогосподарського призначення при врахуванні класів якості, їх деградованості та співвідношенні ріллі до еколого-стабілізуючих угідь.

При визначенні І, показник еколого-агрохімічного балу бонітету ґрунтів, попередньо інтегрується за 5-бальною шкалою, де п'яти відповідає найнижче значення, а одиниці – найвище. За розрахунковими даними для встановлення інтегрованого показника всі ділянки мали значення Б – 1, що становить відповідно за B_{EAX} від 61 до 70 балів, окрім поля кормової сівозміни № 20, де Б – 2, що за B_{EAX} знаходиться в межах від 51 до 60 балів. Таким чином, агроекологічний стан ділянок характеризується за вищевикладеним як добрий – на 963 га і задовільний – на 10-ти гектарах.

Деградованість ґрунтів свідчить про винесення поживних елементів з ґрунту за певний проміжок часу (3 роки). Інтегральний індекс деградованості ґрунтового покриву характеризувався такими значеннями у балах: на ділянках № 1-7, 9, 10, 13, 14, 17, 20, 22 – 5, що свідчить про дуже високу деградованість; № 8 (поле зернової сівозміни) – 4, що вказує на високу деградованість; № 11, 15, 18, 24 – 3, який свідчить про значну деградованість; № 12, 16, 21, 23 – 2, що відповідає помірній деградованості, а на ділянках кормової сівозміни (№ 19) та пасовища (№ 25) – 1, що мають низьку деградованість. Таким чином, за інтегральним індексом деградованості ґрунтів: 611 га характеризуються дуже високою деградованістю, 34 га – високою, 168 га – значною, 120 – помірною і 40 – низькою.

За інтегрованим показником Р:ЕСУ ділянки № 1-24 мали значення 5, що свідчать про критичний стан агроландшафтів, окрім пасовища (№ 25), де цей показник становив 1, що вказує на оптимальний їх стан.

Розрахований інтегральний показник агроекологічного стану земель (І) мав найвище значення 3,50 на полі кормової сівозміни (№ 20), на ділянках № 1-10, 13, 14, 17, 22 – становив відповідно від 2,60 до 3,30, у тому числі на ділянках № 11, 12, 15, 16, 18, 21, 23, 24 від 1,80 до 2,50, а ділянки кормової

сівозміни (№ 19) та пасовища (№ 25) мали значення відповідно від 1,67 до 1,00. Інтегральний показник агроекологічного стану земель відповідає такій градації при значенні І від: 1,00 до 1,70 агроекологічний стан орних земель – добрий, 1,80 до 2,50 – задовільний, 2,60 до 3,30 – незадовільний, 3,40 до 4,20 – критичний, 4,30 до 5,00 – кризовий. При цьому добрий та задовільний агроекологічний стан орних земель відповідає зоні економічно доцільного їх використання, незадовільний – використанню земель у режимі збереження, критичний – екологічно адаптивному використанню земель, кризовий – використанню земель у режимі відновлення. Таким чином, за інтегральним показником агроекологічний стан орних земель характеризується як добрий на полі кормової сівозміни № 19 та пасовищі № 25, задовільний – № 11, 12, 15, 16, 18, 21, 23, 24, незадовільний – № 1-10, 13, 14, 17, 22, критичний – № 20. За агроекологічним зонуванням досліджувані ділянки належать до зони використання земель: економічно доцільного (№ 11, 12, 15, 16, 18, 19, 21, 23, 24, 25), у режимі збереження (№ 1-10, 13, 14, 17, 22) та екологічно адаптивного (поле кормової сівозміни № 20). Отже, на ділянках № 11, 12, 15, 16, 18, 19, 21, 23, 24, 25 (327 га) землекористування може бути організовано без особливих обмежень, але з обов'язковим урахуванням економічно доцільних і екологічно допустимих варіантів їхнього використання. На ділянках № 1-10, 13, 14, 17, 22 (635 га) режим збереження передбачає обмеження форм та інтенсивності експлуатації земельних угідь, які можуть призвести до необоротних змін у структурі сільськогосподарських ландшафтів, подальших втрат родючості ґрунтів, і як наслідок, їх деградації при погіршенні екологічного стану агроландшафтів. Землекористування на ділянці кормової сівозміни № 20 (11 га) має в цілому ґрунтуватися на засадах збереження та відновлення ресурсного потенціалу територій.

Зменшенню ерозійних процесів ґрунтів, покращенню агрокліматичних умов сільськогосподарських земель, а також підвищенню природного біорізноманіття сприяє впровадження агролісомеліоративних заходів, зокрема створення полезахисних лісосмуг. Захисна ефективність визначається відстанню

від неї із навітряної і завітряної сторін за висотами і у межах поширення яких суттєво знижується дія несприятливих природних чинників. Зона 0 – 25 (30) висоти лісосмуги (далі Н), поширеної в 25-разовому (30) повторенні на площі є ефективною для агрономічного впливу лісонасаджень на елементи мікроклімату, а за цією межею захисна ефективність лісосмуги втрачається [4]. За картометричними даними в зоні ефективного агрономічного впливу (25 Н) знаходиться близько 690 із 973 га досліджуваних нами ділянок, що становить близько 70 % від загальної площі (рис. 5).

Окрім, господарського значення лісосмуги відіграють значну природоохоронну роль, зокрема у збереженні природного біорізноманіття та підвищують їх екологічну стійкість.

Здійснивши комплексну агроекологічну оцінку земель сільськогосподарського призначення за методиками визначення показників екологічного стану агроландшафтів [5], ми дійшли висновку, що для проведення екологічної оцінки агроландшафтів може бути використано ландшафтно-індикативний підхід, який методологічно відрізняється від вищезазначених. Його особливістю при оцінці екологічного стану агроландшафтів є встановлення індексів¹ на основі визначених індикаторів², які чутливо реагують на кількісні та якісні зміни в екологічному стані агроландшафтів. Актуальним на сьогодні є проведення системного аналізу із використанням геоінформаційних технологій та методів ГІС-аналізу. Нині у світі використовується багато просторових індексів для оцінки стану екосистеми, зокрема до таких належить індекс "природного видового багатства" (з англ. – Mean Species Abundance; усереднене природне видове багатство або середньо-видова рясність, далі – MSA), згідно з яким будується просторова модель очікуваної видової рясності та визначається її середнє варіювання, з огляду на відносну видову рясність цієї території, при умові, що вона знаходиться у

¹ Індекс (з англ. – *index*) – є синонімом певної узагальнюючої характеристики; відносна величина, яка характеризує зміну екологічного або соціально-економічного явища в часі чи просторі або ступінь відхилення значення показника від певного стандарту (нормативу, середньої). Форми вираження індексу: коефіцієнти, проценти, проміле.

² Індикатор – об'єкт, що відображає зміни якого-небудь параметра контролюючого процесу, або стану об'єкта у формі, найбільш зручній для сприйняття, легко інтерпретаційній формі.

природно-непорушеному стані, у певному вимірі для індикації за певним напрямком, тобто рясність природних видів цього ландшафту [8]. Індекс MSA може набувати значень від 0 до 1, і вказує на залишкове природно-видове багатство досліджуваного ландшафту у відсотках.

Просторовий розподіл індексу MSA проводили при використанні програмного забезпечення ESRI ArcGIS 9.x (тимчасові права на ліцензію для навчально-наукових цілей, які були надані Українським центром менеджменту землі та ресурсів). Для розрахунку MSA_{loc} залучили картографічні матеріали (топографічна карта масштабу 1:50000 і більше) та дані дистанційного зондування Землі (дані із загальнодоступного серверу Google).

Результати розрахунків показали, що близько 94% території господарства має індекс MSA 0,1, що становить 10% від потенційно можливого природного видового багатства агроландшафтів. При цьому 6% представлених територій за MSA характеризуються від 0,11 до 0,50, що становить від 11 до 50% від потенційно можливої середньовидової рясності. Менше 1% території має значення індексу 0,5 – 1, що відповідає від 50 до 100% потенційно-можливому природному видовому різноманіттю (рис. 2).

Аналізуючи отримані дані можна дійти висновку, що потенційне природне видове різноманіття становить 10% природно-ресурсної бази. Це унеможливує гальмування деградаційних процесів і призводить до руйнування екологічної стабільності, порушення біологічної буферності агроєкосистем та зменшення їх природного потенціалу, а також до низької відновлювальної та саморегулювальної здатності агроландшафтів.

Розрахунки індексу MSA території господарства вказують на те, що поряд з втратою природного біорізноманіття, яке має високий взаємозв'язок із іншими показником – коефіцієнт екологічної стабільності і антропогенного навантаження та інтегральним показником агроєкологічного стану земель, відбувається порушення біогеохімічних циклів і трансформації спрямованості у перетворенні речовини та енергії в агроєкосистемах, що спонукає до загальної деградації екологічного стану агроландшафтів.

Для уніфікації різних методичних підходів до оцінювання екологічного стану агроландшафтів під час системного аналізу як власне самих методик, так

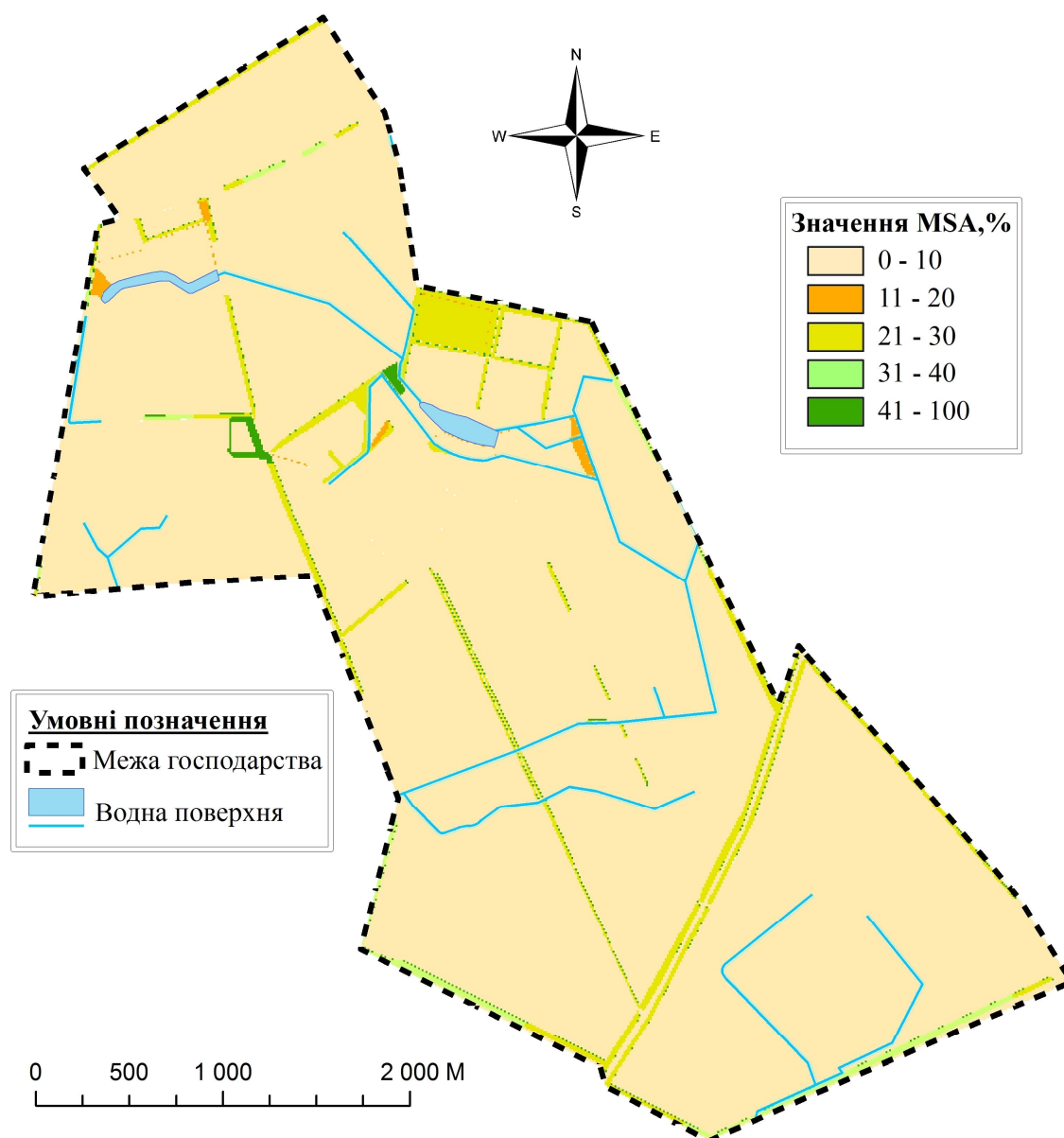
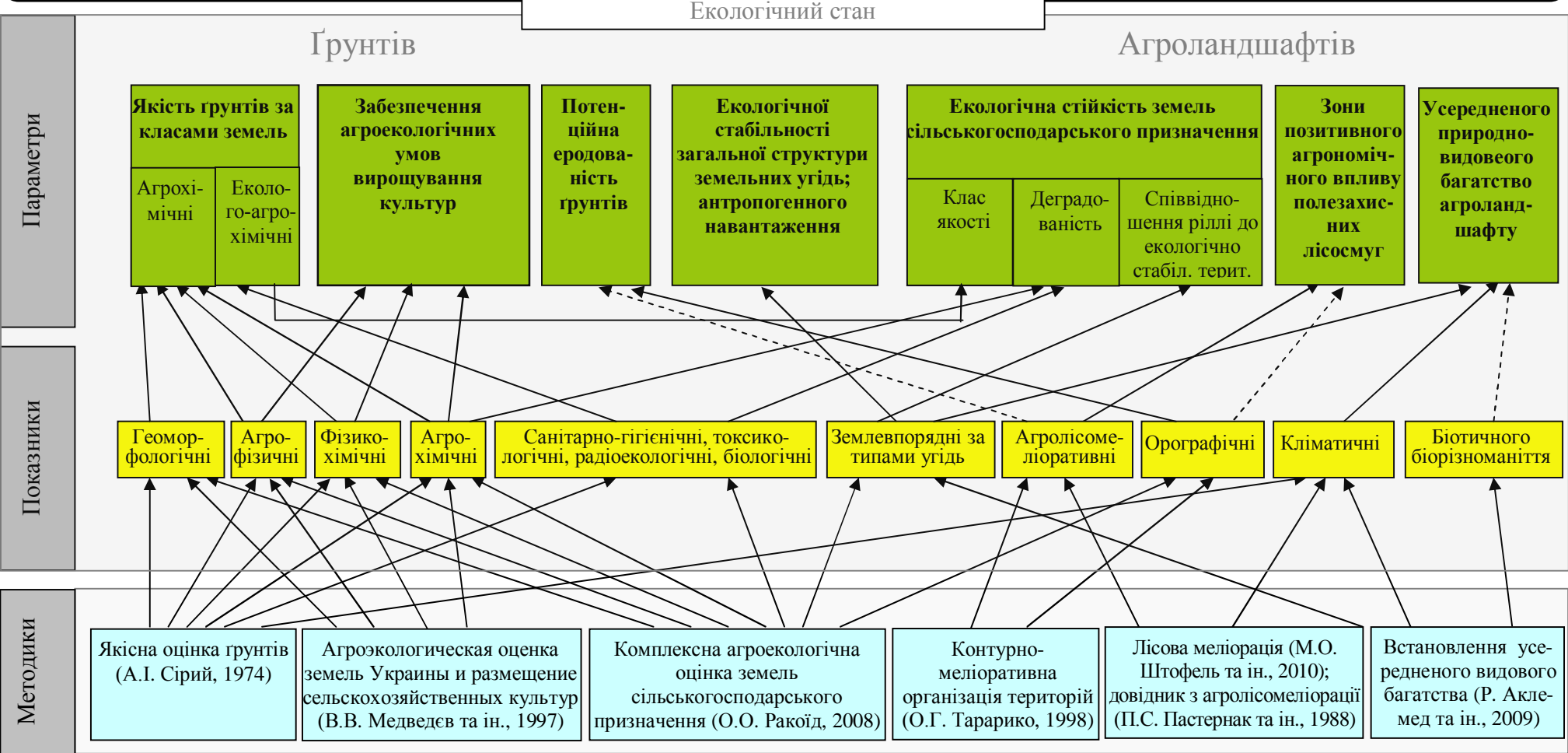


Рис. 2 Видова рясність (за індексом MSA_{loc}) агроландшафту ВП НУБіП України "Агрономічна дослідна станція"

і отриманих показників, що характеризують параметри стану, нами було запропоновано враховувати їх якісні переваги для інтегрованого поєднання на геоінформаційній основі при використанні ландшафтно-індикативного підходу. Так, нами розроблена структурно-логічна схема визначення екологічної ефективності використання ресурсного потенціалу агроландшафту, за допомогою якої нам вдалося систематизувати методики визначення їх екологічних параметрів (рис. 3).

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦІАЛУ АГРОЛАНДШАФТУ

$$\text{Еколого-агрохімічний бал бонітету (B_{EAX})} \cdot F_1 + \text{Потенційна еродованість ґрунтів (E)} \cdot F_4 + \\ + \text{Зона позитивного агрономічного впливу ПЗЛ (S_{Д})} \cdot F_3 + \text{Стан природного біорізноманіття (Br)} \cdot F_2 = \\ = \text{Індекс ресурсного потенціалу агроландшафтів (ІРП)}$$



Види зв'язків: безпосередні —————> опосередковані - - - - ->

Рис. 3 Структурно-логічна схема визначення екологічної ефективності використання ресурсного потенціалу агроландшафтів (Рідей Н.М., Горбатенко А.А., власна розробка авторів, друкується вперше)

Структурно-логічна схема визначення екологічної ефективності використання ресурсного потенціалу агроландшафтів вказує на причинно-наслідкові зв'язки параметрів та показників екологічного стану ґрунтів та агроландшафтів. При цьому слід відзначити, що до основних методик визначення екологічного стану агроландшафтів ми вносимо методику встановлення усередненого видового багатства [15], яка характеризує видовий склад природних організмів досліджуваного агроландшафту. Розроблена структурно-логічна схема розкриває призначення методик діагностики екологічного стану агроландшафтів, шляхом побудови зв'язків між методиками та показниками і параметрами, використовуваних ними, і дозволяє уніфікувати різні підходи, запобігаючи дубляжу показників, що характеризують екологічний стан досліджуваного агроландшафту. Визначення основних причинно-наслідкових зв'язків між показниками і параметрами, дозволило доукомплектувати групи показників екологічного стану агроландшафту такими параметрами як усереднене видове багатство, що дозволяє повніше оцінити екологічну ситуацію території.

Теоретично обґрунтовано індекс ресурсного потенціалу агроландшафту (ІРП), який враховує: захисну здатність і агрономічно-позитивну дію лісових смуг, усереднене природне видове багатство й еколого-агрохімічну якість ґрунтів за класами земель та їх ерозійну деградованість, є умовною величиною узагальнених характеристик параметрів та відносним відхиленням значень показників від параметрів екологічної стійкості і стабільності агроландшафтів при антропогенних впливах на них у ході сільськогосподарського використання, сприяє візуалізації отриманих результатів у вигляді картограм та інвентаризації у геоінформаційній системі агроландшафтів, що в свою чергу дає можливість моделювати та прогнозувати їх екологічний стан та розвиток.

Виходячи із принципів багатофакторного аналізу при проведенні системної оцінки їх стану, ми враховували модифікаційний індекс узагальненого видового біорізноманіття (MSA), а такі показники як коефіцієнти екологічної стабільності і антропогенного навантаження та інтегральний

показник агроекологічного стану земель виключили з розрахунків, що не суперечить базовим принципам системного аналізу [13, 14]. Це зумовлено прагненням систематизації показників у різних методиках екологічної оцінки території, а також необхідністю уточнення об'єктно-предметних та причинно-наслідкових зв'язків між параметрами при проведенні структурно-порівняльного аналізу функціональних груп показників для усунення методичного дубляжу. При встановленні екологічної стабільності за загальною структурою земельних угідь та антропогенним навантаженням не враховується біоресурсний потенціал територій. Разом з тим слід відзначити, що індекс MSA більш вагомий при екологічній оцінці агроландшафтів, оскільки крім типів землекористування враховує такі значущі фактори впливів інфраструктури (далі MSA_I) та фрагментованості природних і напівприродних територій (далі MSA_F), а також глобальні зміни клімату (далі MSA_{CC}) і депозит атмосферного азоту (далі MSA_N) в екосистемі.

При визначенні екологічної оцінки ефективності використання ресурсного потенціалу агроландшафтів, окрім інтегрального показника агроекологічного стану земель ми також не включили показники, які відповідають за забезпечення агроекологічних умов вирощування сільськогосподарських культур, і враховуються при проведенні якісної оцінки ґрунтів, визначаючи еколого-агрохімічний бал бонітету.

Для розробки розрахункової формули та інтегрування врахованих показників, кожному з яких присвоювався певний коефіцієнт вагомості, величина якого встановлювалася нами за допомогою методу експертних оцінок часткою участі прямих або опосередкованих впливів на стан і розвиток агроекологічного потенціалу ландшафтів. За отриманими результатами експертного оцінювання, вивели формулу розрахунку в геоінформаційному середовищі, яка дає можливість оцінити ефективність використання агроландшафтів за індексом ресурсного потенціалу (2).

$$ІРП = Б \cdot F_1 + E \cdot F_2 + Л \cdot F_3 + Бр \cdot F_4, \quad (2)$$

де ІРП – індекс ресурсного потенціалу агроландшафтів;

- Б – еколого-агрохімічний бал бонітету;
 Е – еродованість території за крутизною схилів;
 Л – ефективна зональність позитивного агрономічного впливу;
 Бр – інтегрований індекс біорізноманіття;
 F_1, F_2, F_3, F_4 – вагомість кожного фактора.

Визначена вагомість кожного із факторів становила: $F_1 = 0,32$; $F_2 = 0,24$;
 $F_3 = 0,21$; $F_4 = 0,23$.

Нами було розраховано та візуалізовано ІРП досліджуваної території (рис. 4).

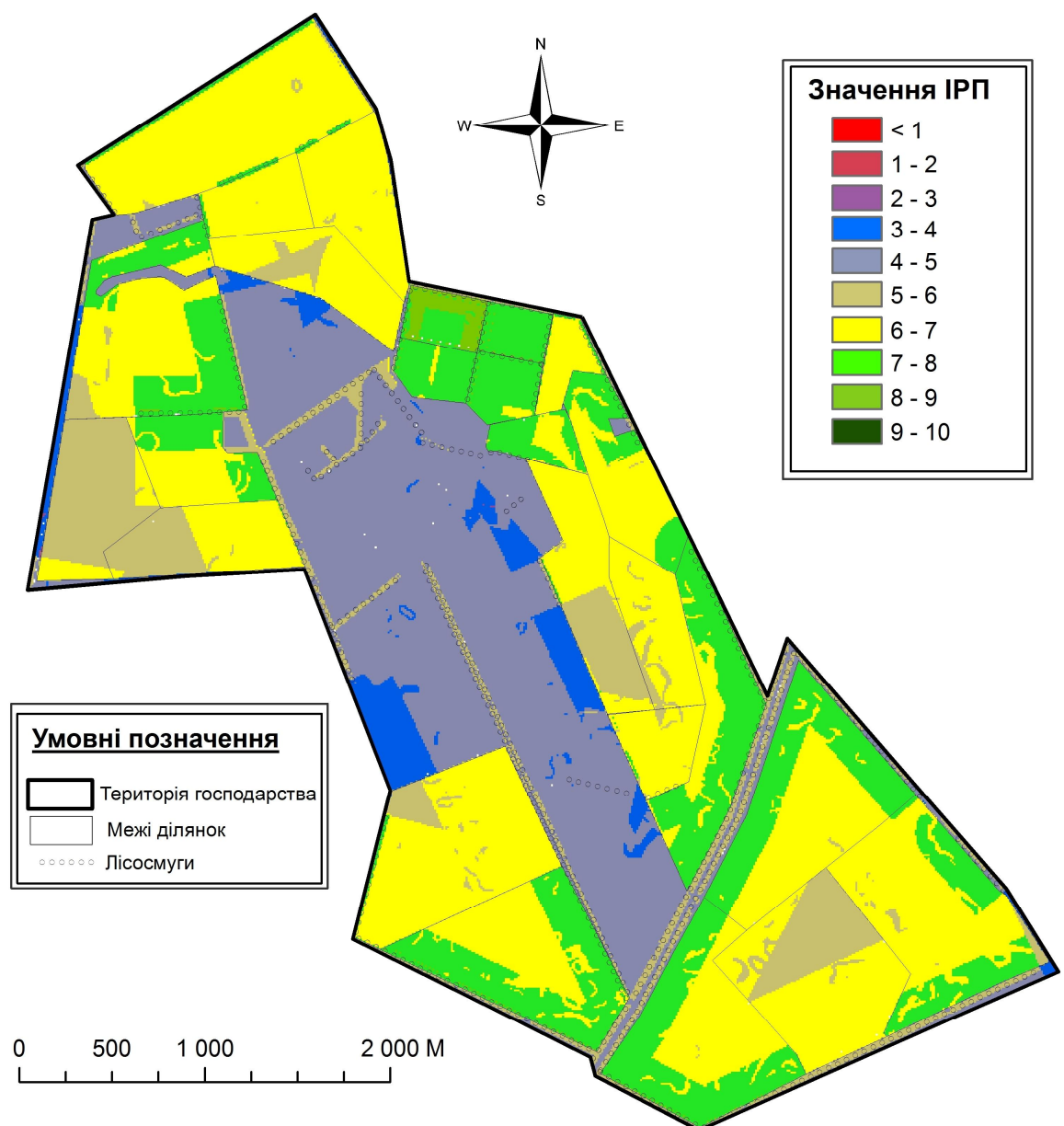


Рис. 4 Просторове зображення ІРП агроландшафту ВП НУБіП України
 "Агрономічна дослідна станція" за 10-бальною шкалою, 2012 рік

Запропоновано, що індекс ІРП набуває значення від 1 до 10, де 1 – це території, у яких відсутня умовна стабільність агроландшафтів або склалися незадовільні умови для вирощування сільськогосподарських культур, а 10 – території з найвищим показником умовно-природної стабільності агроландшафтів і оптимальними умовами для рослинництва та з високою потенційною ефективністю їх сільськогосподарського використання. Тобто, чим вище значення ІРП, тим більша екологічна умовно-природна стабільність агроландшафтів.

Аналізуючи отримані дані за індексом ІРП з'ясовано, що досліджувані ділянки мають значення від 6 до 9, при цьому значення 6 відповідає близько 11% від загальної площі досліджуваних ділянок, 7 – 60%, 8 – 28%, значення 9 – 1% (рис. 4). Слід відзначити, що на результативній картограмі (рис. 4) можна побачити – значення ІРП вищі на ділянках, розташованих ближче до лісових насаджень (наприклад № 21 – 24). Отже, одним із способів підвищення екологічної стійкості території АДС, є заліснення. Також слід відзначити, що на ділянці № 25 (пасовище) ІРП переважно відповідає значенню 8, що в свою чергу свідчить про залуження територій, як одного із способів підвищення її екологічної стійкості, а також вказує на доцільність проведення біогеоценотичної меліорації агроландшафтів для підвищення їх екологічної умовно-природної стабільності та сільськогосподарської продуктивності. Просторова варіативність ІРП (рис. 4) дозволяє визначити шляхи оптимізації структури землекористування з метою їх екологічної стабілізації.

Висновки.

1. Землі дуже високої продуктивності за якістю ґрунтів займають близько 23 га досліджуваної території; високої – майже 940 га; середньої – близько 10 га.
2. Територія господарства за узагальненими значеннями коефіцієнтів екологічної стабільності ($K_{ec} = 0,21$) належить до екологічно нестабільної, а за

антропогенним навантаженням (Кан = 3,90) – до високого рівня антропогенного впливу;

3. Інтегрований показник агроекологічного стану земель є добрим на 963 га і задовільним на 10-ти гектарах; за інтегральним індексом деградованості ґрунтів: 610 мають дуже високу, 34 – високу, 168 – значну, 120 – помірну і 40 га – низьку деградованість;

4. Досліджувані ділянки за агроекологічним зонуванням належать до зони економічно доцільного використання (№ 11, 12, 15, 16, 18, 19, 21, 23, 25), у режимі збереження (№ 1-10, 13, 14, 17, 22) та екологічно адаптивного використання земель (№ 20);

5. Показник усередненого природно-видового багатства близько 94% території господарства має значення MSA 0,1, що становить 10% від потенційно можливого природного видового багатства агроландшафтів; при цьому 6% територій характеризуються від 0,11 до 0,50, що становить від 11 до 50% від потенційно можливої середньо-видової різноманітності, менше 1% має значення 0,5 – 1, що відповідає від 50 до 100% потенційно-можливого природного видового різноманіття; таким чином, потенційне природне видове різноманіття становить 10% природно-ресурсної бази, що в свою чергу унеможливорює гальмування деградаційних процесів і призводить до руйнації екологічної стабільності, порушення біологічної буферності агроecosystem та зменшення їх природного потенціалу, а також до низької відновлюючої та саморегулюючої здатності агроландшафтів;

6. Індекс ресурсного потенціалу становить від 6 до 9, при цьому значення 6 має близько 11% від загальної площі досліджуваних ділянок, 7 – 60, 8 – 28, значення 9 – 1% території агроландшафту;

7. Запропонований індекс ресурсного потенціалу агроландшафтів (ІРП) може бути вагомою альтернативою існуючим методичним підходам при проведенні екологічної оцінки, плануванні та розвитку агроландшафтів;

8. Проведений системний аналіз екологічного стану агроландшафтів на основі геоінформаційного моніторингу навколишнього природного середовища

може бути в подальшому використаний в виробничих, науково-практичних та навчальних цілях;

9. На основі результатів наведеної оцінки, запропонована розробка заходів біогеоценотичної меліорації ландшафту (зокрема агролісомеліоративні), які з часом не тільки оптимізують екологічний стан агроландшафту, а й сприятимуть отриманню прибутку, через оптимальне використання агроекологічного потенціалу екологічно стабільних агроландшафтів.

Список літератури.

1. Ґрунтознавство з основами геології. [Навч. посіб.] / [О.Ф. Гнатенко, М.В. Капштик, Л.Р. Петренко, С.В. Вітвицький.] – К.: Оранта, 2005. – 648с.

2. Довідник з агролісомеліорації / [П.С. Пастернак, В.І. Коптєв, О.М. Недашківський та ін.]; За ред. П.С. Пастернака. – 2-е вид., перероб. і доп. – К.: Урожай, 1988. – 288 с.

3. Комплексна агроекологічна оцінка земель ВП НУБіП України. Частина 2. Агрономічна дослідна станція / За ред. Н.М. Рідей. / [Рідей Н.М., Тонха О.Л., Строкаль В.П. та ін.] – К.: Видавництво УкрДГРІ, 2009. – 100 с.

4. Штофель М. О. Лісова меліорація. Методичні вказівки до курсового проектування для студентів лісогосподарського факультету / Навчальне видання. М.О. Штофель, В.М. Малюга, С.М. Дударець, 2010. – 282 с.

5. Методичні рекомендації з комплексної агроекологічної оцінки земель сільськогосподарського призначення // За ред. к.с.-г.н. О.О.Ракоїд. – К.:Логос, 2008. – 51 с.

6. Методичні рекомендації. Якісна оцінка стану земель навчально-дослідних господарств НУБіП України, охорона і відновлення їх родючості / [Кохан С.С., Тонха О.Л., Балаєв А.Д., та ін.], К. – Логос, 2009. – 130 с.

7. Патика В.П. Агроекологічний моніторинг та паспортизація сільськогосподарських угідь. / В.П. Патика, О.Г. Тараріко. – К.: Фітосоціоцентр, 2002. – 296 с.

8. Ландшафтна екологія: навчально-методичний посібник з моделювання біорізноманіття, урахування впливів на нього (для освітніх цілей національного

та регіонального рівнів) / [В.І. Придатко, Г.О. Коломицев, Р.І. Бурда, С.М. Чумаченко] – К.: НАУ, 2008. – 174 с.

9. Рідей Н.М. Екологічна оцінка агробіоценозів: теорія, методика, практика./ Рідей Н.М., Строкаль В.П., Рибалко Ю.В. – Херсон: Видавництво Олді - плюс, 2011. – 568 с.

10. Тарарико О.Г. Нормативи ґрунтозахисних контурно–меліоративних систем землеробства / О.Г. Тарарико, М.Г. Лобаса–К.: УААН, 1998. – 103 с.

11. Якісна оцінка ґрунтів. / А.І. Сірий. – К: Тов. "Знання" УРСР, – 1974. – 47 с.

12. Агроэкологическая оценка земель Украины и размещение сельскохозяйственных культур / Под ред. академика УААН В.В. Медведева. – К: Аграрна наука, 1997. – 162 с.

13. Халафян А.А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных. 3-е изд. Учебник – М.: ООО "Бином-Пресс", 2007. – 512с.

14. Findeisen W, Quade E. 1997. The methodology of systems analysis: An introduction and overview. In: H.J. Miser and E.S. Quade. Handbook of systems analysis. Volume One – Overview of uses, procedures, applications, and practice. John Wiley and Sons, Chichester, UK, 117-149 p.

15. GLOBIO3: A Framework to Investigate Options for Reducing Global Terrestrial Biodiversity Loss. / Rob Alkemade, Mark van Oorschot, Lera Miles, et al // Ecosystems (12) – 2009. – 374–390 p.

16. Modular MSA Manual. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://biomodel.org.ua/training-package/modular-msa-manual/>

**СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
АГРОЛАНДШАФТОВ ОП НУБІП УКРАИНЫ «АГРОНОМИЧЕСКАЯ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ СТАНЦИЯ»**

Н.М. Рідей, А.А. Горбатенко

Проанализированы отечественные и зарубежные методики оценки экологического состояния агроландшафтов. Предложен системный подход к изучению экологического состояния агроландшафтов при использовании

рекомендованных отечественных и зарубежных методик и современных геоинформационных технологий для их усовершенствования и оценки природно-ресурсного потенциала агроландшафтов. На основе данных системного анализа разработан индекс ресурсного потенциала сельскохозяйственных территорий (ИРП) и обоснована целесообразность его использования при оценке экологического состояния агроландшафта для планирования.

Ключевые слова: агроландшафт, качество почв, системный анализ, экологическая оценка, индекс биологического разнообразия, ресурсного потенциала.

SYSTEM ANALYSIS OF AGRICULTURAL LANDSCAPES SU of NULES in UKRAINE "AGRONOMIC RESEARCH STATION"

N.M. Ridey, A.A. Horbatenko

Ukrainian and international methods of agrolandscape quality assessment were analyzed. It was proposed the system approach to agrolandscape quality assessment when using recommended Ukrainian and international methods and modern geoinformation technologies for improving method and assessment of natural and resource potential of agrolandscapes. Resource potential index of rural territories was developed based on the data of system analysis. Appropriateness of index using under environmental assessment of agrolandscape for planning was substantiated.

Key words: agrolandscapes, soil quality, system analysis, agroecological assessment, biodiversity index, resource potential index.